

MEDIDAS DE TEMPERATURA E DENSIDADE ATMOSFÉRICA ENTRE 35 E 70KM COM UM RADAR DE LASER RAYLEIGH

Alexandre Cabral Franco Barroso

Aluno da Faculdade de Ciências Aplicadas de São José dos Campos (FACAP) - Bolsa PIBIC /CNPQ

Orientador: Dr. Paulo Prado Batista, Pesquisador, Divisão de Aeronomia

Neste trabalho um total de 112 noites de medidas do sinal do espalhamento Rayleigh entre 35 e 70km de altura em São José dos Campos, S.P, (23°S, 40°W) com um radar de laser (lidar) durante os anos de 1993 à 1995 foram analisadas. A partir dos perfis de espalhamento os perfis de temperatura absoluta e densidade relativa foram determinados. O LIDAR utiliza como transmissor um laser de corante em que o elemento ativo é o RODAMINA 6G, transmitindo em 589nm. A figura 1 mostra um diagrama de blocos simplificado do lidar do INPE.

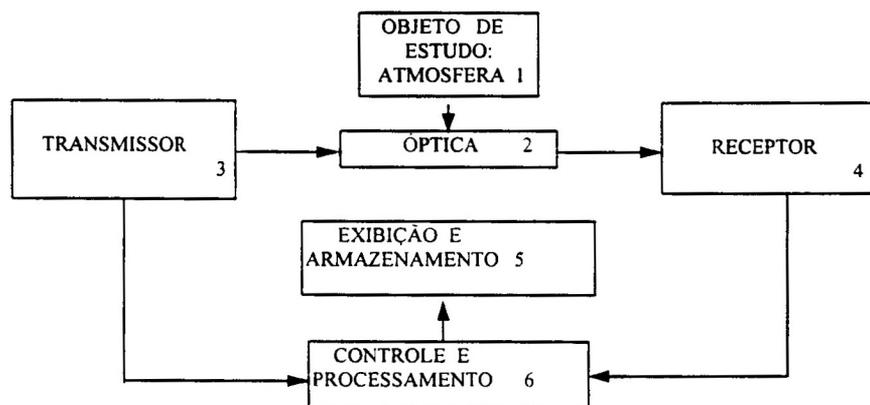


Figura 1- Diagrama de blocos dos constituintes principais do lidar.

Os dados brutos (fotocontagem), obtidos pelo radar de laser são processados em computador dando o perfil da densidade relativa em função da altura. Para isso, é utilizada a chamada equação do radar de laser. A temperatura é obtida do perfil de densidade fazendo-se uso das equações do equilíbrio hidrostático e do gás ideal. A figura 2 mostra um perfil típico para o dia 04/04/96, comparado com o modelo MSISE-90- (linhas tracejadas). A comparação dos perfis obtidos com o modelo mostra, em geral, uma estratosfera mais fria e uma mesosfera mais quente, confirmando a climatologia de

Relatório final:Bolsa de Iniciação científica.

Título:Medidas de temperatura e densidade atmosférica entre 35 e 70km com um radar de laser rayleigh.

**Local:INPE(Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), São José dos Campos, São Paulo,
CEP:12225,Brasil**

**Bolsista:Alexandre Cabral Franco Barroso
Faculdade de Ciências Aplicadas de São José dos Campos(FACAP)**

Orientador:Dr.Paulo Prado Batista

Data:5/07/96

Introdução

De 1993 a 1995, um total de 112 noites de medidas de sinal de espalhamento Rayleigh foi obtido em São José dos Campos, S.P., (23°S, 40°W) com um radar de laser (lidar). Perfis de temperatura absoluta e densidade relativa entre 35 e 70 km foram determinados. A performance do sistema lidar foi avaliada com base no número de disparos do laser necessários para obter uma certa precisão. Medidas anteriores de perfis de temperatura mostraram uma estratosfera mais fria e uma mesosfera mais quente comparada com modelos anteriores. (Batista et al; 1995).

Nosso trabalho consiste em usar um lidar para auxiliar nas medidas de densidade e temperatura na média atmosfera (entre 35 e 70 km), através do espalhamento Rayleigh e MIE (ambos serão melhor explicados no relatório). O Laser é disparado e depois de passar por um sistema óptico sobe perpendicularmente para a atmosfera onde logo em seguida é recebido o seu sinal depois de ocorrer os diversos tipos de espalhamento, fornecendo assim os dados brutos com os quais serão processadas a densidade relativa e a temperatura em programas especiais pelo computador.

Embora o objetivo do nosso trabalho seja o de medir a temperatura e a densidade atmosférica entre 35 e 70 km com radar de laser, existe uma necessidade significativa de se fazer comentários sobre as pesquisas atmosféricas com outros meios de medidas, como: balões, satélites e sondas a bordo de foguetes. Contudo, o intuito de mencioná-los será apenas para comparar as vantagens e desvantagens do radar de laser Rayleigh nas aplicações de nosso trabalho.

Devemos também ressaltar que por mais que queiramos discriminar outras áreas da geofísica espacial como meteorologia por exemplo, isso será muito difícil, pois é um tema que está ligado ao nosso cotidiano e assuntos ligados ao radar.

Contudo limitar-me-ei ao máximo possível em descrever as informações mais necessárias para nosso estudo.

Instrumentação

O radar de laser do INPE quanto à sua instrumentação não difere muito do de outros países como o BIS (instalado em Biscarose) e o OHP (em Haute Provence), ambos na França (Chanin e Hauchecorne, 1984).

O LIDAR (pois ao invés de usar ondas de rádio usa-se luz) utiliza como transmissor um laser de corante em que o elemento ativo é

chamado de RODAMINA 6G, um composto orgânico de fórmula complexa dissolvido em etanol de grande pureza química.

Esta solução química é feita circular através do tubo que ocupa um dos focos da elipse da cavidade do laser. A característica mais importante deste tipo de laser é que a saída espectral é larga, da ordem 100 angstroms mas com filtros de interferência na cavidade ressonante pode-se reduzir esta largura espectral, e também pode-se sintonizar a saída em certa frequência de interesse, como a linha D2 do sódio (5890 angstroms).

A climatologia da estrutura da atmosfera média acima de 30km foi estudada primeiro à partir de medições com foguetes "in situ", palavra latina que significa "no local", desde os anos 50 e em seguida por experiências remotas com satélites sensíveis.

As sondas de foguetes fornecem bons perfis verticais (e até mais precisos que os do radar de laser) abaixo de 60km, mas apresentam alguns problemas de exatidão acima de 60km devido à rarefação da atmosfera e da velocidade muito alta da sonda.

Como pode-se ver, as sondas a bordo de foguetes podem dar uma maior precisão nas medidas do perfil de densidade e temperatura que o radar de laser, mas durante um intervalo de tempo muito curto.

Além disso o perfil é afetado pelas ondas de gravidade de curto-período, sem deixar de mencionar também que o número de sondagens é muito limitado pelo custo do lançamento e do equipamento, sem esquecer também que mesmo sem considerar custos, a realização da sondagem pode ser feita apenas nas proximidades das bases de lançamento.

Quanto aos satélites, estes são capazes de dar uma cobertura global do campo de temperatura, mas tem uma resolução vertical e horizontal relativamente baixas comparadas com as do radar de laser.

O radar de laser Rayleigh possui como receptor, uma fotomultiplicadora que por sua vez tem como função transformar o feixe do laser recebido da atmosfera, em um sinal das moléculas em função da altura. Com isso conseguimos assim os dados brutos que serão processados em computador para obtermos a densidade relativa e a temperatura.

A fotomultiplicadora tem como referência o princípio quântico da teoria do efeito foto-elétrico, onde um determinado feixe que incide na placa da fotomultiplicadora provoca (devido a uma diferença de potencial) um deslocamento de átomos que vão se acumulando de placa em placa acarretando em deslocamento de elétrons ao longo do aparelho (fotomultiplicadora ou tubo fotomultiplicador).

Isso é o que se costuma chamar de "efeito cascata", no qual átomos de determinado local se deslocam para outro, aumentando a

multiplicação do sinal do feixe emitido até que ao sair, esse feixe elétrico represente (embora convertido em outro tipo de energia) a mesma potência recebida do feixe de luz.

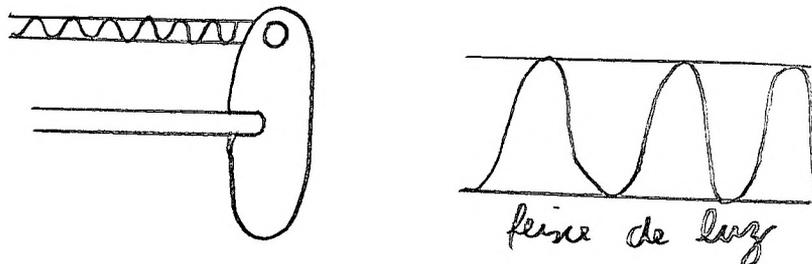
O que se deve levar em consideração quanto à fotomultiplicadora devido ao sinal recebido do laser pelo espalhamento Rayleigh é o chamado efeito de **saturação**, onde o sinal recebido pela fotomultiplicadora e o ruído vindo da própria fotomultiplicadora acusam um mesmo sinal de densidade medida para dois ou mais sinais de uma só vez.

Os principais motivos da formação dos ruídos que causam a saturação são:

a) corrente escura, ou seja, o ruído emitido pela própria fotomultiplicadora.

b) ruído do céu, que são as luzes emitidas principalmente pelos astros em geral, ou seja, sol, lua (principalmente cheia), estrelas, luzes da cidade, etc...

Para reduzir o sinal do Rayleigh de baixas altitudes (que poderia ocorrer além de uma possível saturação, o próprio estrago do aparelho), usa-se um obturador cuja perspectiva é mostrada abaixo.



A figura 1 mostra um diagrama de blocos simplificado do lidar do INPE (Kirchoff, V,W.J.H.-1984). O bloco 1 mostra a atmosfera como o alvo ou objeto de estudo. Dois parâmetros distintos tem sido estudados simultaneamente: o espalhamento Rayleigh referente ao das moléculas atmosféricas e o do espalhamento MIE referente as moléculas de aerossóis.

O bloco 2 representa um sistema ótico que guia o feixe do laser até o ponto desejado na atmosfera. É constituído principalmente de lentes e espelhos. O bloco 3 representa o transmissor do radar, T. Trata-se de um laser de corante sintonizado por interferômetro do tipo Fabry-Perot, na linha D2 do sódio.

O elemento ativo do laser, o corante RODAMINA 6G, é dissolvido em quantidade diminuta em álcool etílico de altíssima pureza química, e este líquido é circulado pelo laser para manter uma homogeneidade física e térmica.

O bloco 4 representa o receptor do radar, R, que é o tubo-fotomultiplicador comercial precedido de um sistema focalizador de fótons. Para medidas durante o dia deve-se incluir mais um Fabry-

Perot no sistema receptor para eliminar ruídos (principalmente do sol). Os fótons recebidos no TFM (tubo-fotomultiplicador ou fotomultiplicadora) são em seguida dirigidos para a eletrônica de contagem, controle e processamento (bloco 5). A tarefa de processamento em tempo real é feita através de um computador de mesa.

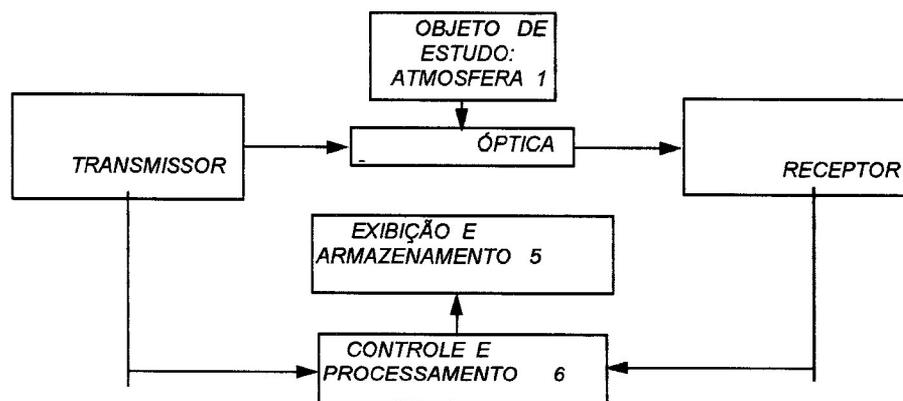


Figura 1 -Constituintes principais do lidar em diagrama de bloco

Outras características do lidar estão indicados na tabela abaixo.

Características do radar de laser

Transmissor

Energia por pulso:	2-3 J
Duração do pulso:	2 μ s
Taxa de repetição:	10 s ⁻¹
Largura de banda:	0.1 nm
Abertura angular do feixe:	0.15 mR
Comprimento de onda:	589 nm

Receptor

Área:	0.39 m ²
Largura de banda:	700 pm
Abertura angular do feixe:	0.4 mR
Intervalo de altura:	0.25 Km
Eficiência:	2.4 %

Como pode ser observado acima , o comprimento de onda do transmissor é 589nm isso se deve ao fato de ter como interesse a leitura do sinal de sódio, pois esse possui o comprimento de ressonância também de 589nm. Isso é que chamamos de espalhamento ressonante.

No receptor o intervalo de altura indica que se tem um sinal do espalhamento do feixe a cada 250m.Cada sinal recebido neste intervalo de altura é gravado em um canal dentro do sistema eletrônico do radar.

Tomada de dados

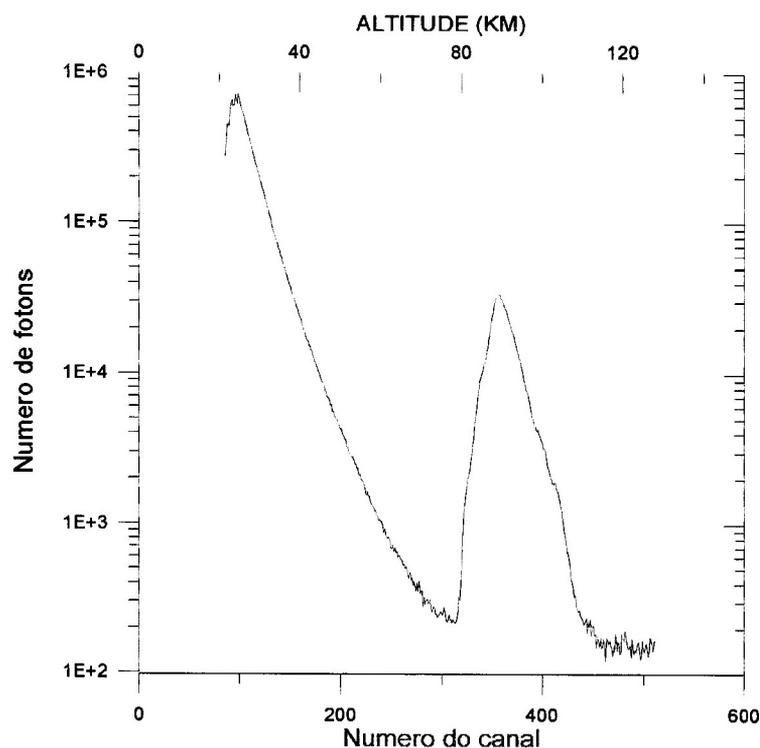
O laser emite um pulso de luz que é dirigido para a atmosfera. Sofre espalhamentos, principalmente do tipo **RAYLEIGH** em toda a atmosfera e **MIE** na estratosfera. Os fótons espalhados, que voltando atingem o espelho receptor, são focalizados para o TFM e pela eletrônica. A quantidade de fótons por decurso de tempo são transformados após em densidade e em função de altura.

Como já havia dito existe na atmosfera um terceiro tipo de espalhamento do feixe chamado de espalhamento **ressonante** que é devido ao sinal das moléculas de sódio devido o seu comprimento de onda que é da ordem de 589nm , ou seja o mesmo comprimento de onda do feixe emitido. Porém esse tipo de espalhamento não se refere ao estudo da atmosfera na altura que estamos estudando (35 e 70km), pois as moléculas de sódio estão presentes à partir de aproximadamente 80km.

Abaixo temos um exemplo de uma tomada de dados mostrando em um gráfico o número de fótons em função da altura e do número de canal, mostrando uma curva que mostra dois tipos de espalhamentos do feixe: Raileigh e Ressonante.

A ausência do espalhamento MIE será explicada adiante.

Exemplo de tomada de dados



No gráfico mostrado anteriormente a altura é dada em quilômetros. O número de fótons é mostrado em escala exponencial.

Observando o gráfico pode-se verificar que existe uma curva que cai exponencialmente com a altura (no intervalo de 35 e 70km) isso acontece porquê nesse intervalo de altura compreende a camada onde estão presentes as moléculas atmosféricas (oxigênio, hidrogênio, etc) e o número destas moléculas por unidade de volume (densidade atmosférica) é inversamente proporcional com o aumento da altura. Essa parte do gráfico é portanto o espalhamento Rayleigh.

O espalhamento ressonante pode ser observado pelo pico que se forma entre o intervalo de altura que vai de 80 à 110km aproximadamente, a partir daí o sinal do espalhamento já está um tanto fraco e não temos mais nenhuma medida significativa.

A presença do espalhamento MIE não pôde ser mostrada devido o fato de ser necessário usar uma fotomultiplicadora menos sensível do que a que nós usamos, pois os aérossóis estão presentes em uma faixa de altura em que o sinal do feixe é muito intenso e a densidade das moléculas também é muito grande levando ao que chamamos de efeito de saturação. Sendo assim no intervalo de altura mostrado pelo gráfico (0 à 22km) é mostrada a presença do espalhamento MIE.

Método de Análise

Como já havia dito parte de cada pulsação do laser transmitida pela atmosfera é retroespalhada e coletada pelo sistema ótico e contado como fótons pela fotomultiplicadora.

Esses fótons são divididos por escala de altura tal que a luz coletada por uma dada variação de tempo vem de uma dada variação da altura.

O número de fótons por quilometro de disparo é dada pela **equação do lidar** (Kent et al., 1967):

$$C(h_i) = \rho(h_i) \beta K T^2 / h_i \quad (1)$$

Onde $C(h_i)$ é o número de fótons da altura h_i , por quilometro por disparo $\rho(h_i)$ é a densidade atmosférica provenientes na altura h_i , β é a função de retroespalhamento Rayleigh por molécula, T é a

transmissão atmosférica do lidar à altura h_i , e k é a constante do lidar.

Normalmente, abaixo de 30km devemos considerar como adicional ao espalhamento Rayleigh a função do espalhamento MIE, porém, devido a erupção do Pinatubo nas Filipinas em 1991, a função do espalhamento MIE passou a ser considerado até 35km.

A variável e o fator KT^2 desconhecidos são cancelados, tomando o sinal numa altura de referência onde a densidade atmosférica não varia tanto e é conhecida por modelos ou por medidas.

Nós usamos o nível de referência por volta de 40 km. e uma densidade modelo para nossa estação obtidos de muitos perfis de radiossonda, e extrapolados por maiores altitudes.

Nesse caso obtemos:

$$\rho(h_i) = \frac{C(h_i)\rho(h_r)h_i^2}{C(h_r)h_r^2}. \quad (2)$$

Onde $\rho(h_i)$, é a densidade atmosférica para a altura h_i , $\rho(h_r)$, é a densidade atmosférica para a altura de referência h_r , $C(h_i)$ e $C(h_r)$ são os fótons contados por quilometro para as alturas h_i , e, h_r , respectivamente.

A incerteza relativa no perfil de densidade é considerada igual ao erro estatístico:

$$\frac{\delta \rho(h_i)}{\rho(h_i)} = \frac{(N(h_i) + N_b)^{1/2}}{N(h_i)}. \quad (3)$$

Onde $\delta\rho(h_i)$, é o desvio padrão da densidade atmosférica, $N(h_i)$ número de fótons contado na altura h_i , e N_b , é o ruído de fundo. Esse ruído de fundo é determinado pela média da contagem à partir de 110 a 120 km onde o sinal do Rayleigh e do sódio são esperados ser zero.

Para a determinação da temperatura são usadas a equação do balanço hidrostático e a lei do gás ideal.

$$dP = -\rho g dh. \quad (4)$$

$$P = \rho RT/M. \quad (5)$$

onde P é a pressão, g a aceleração da gravidade, R a constante universal de gás, T a temperatura e M é o peso molecular médio para o ar.

Como ρ , nós obtemos do sinal do espalhamento Rayleigh, M também é constante, pois é definido através da tabela de gases em função da altura, e g e R também são constantes, podemos colocá-los tanto em função da temperatura quanto em função de

pressão,fixando os termos de pressão e temperatura por outros modelos já obtidos podemos achar qualquer um dos dois :

$$P=\rho RT/M \quad (6) \quad \text{ou} \quad T=PM/\rho R \quad (7)$$

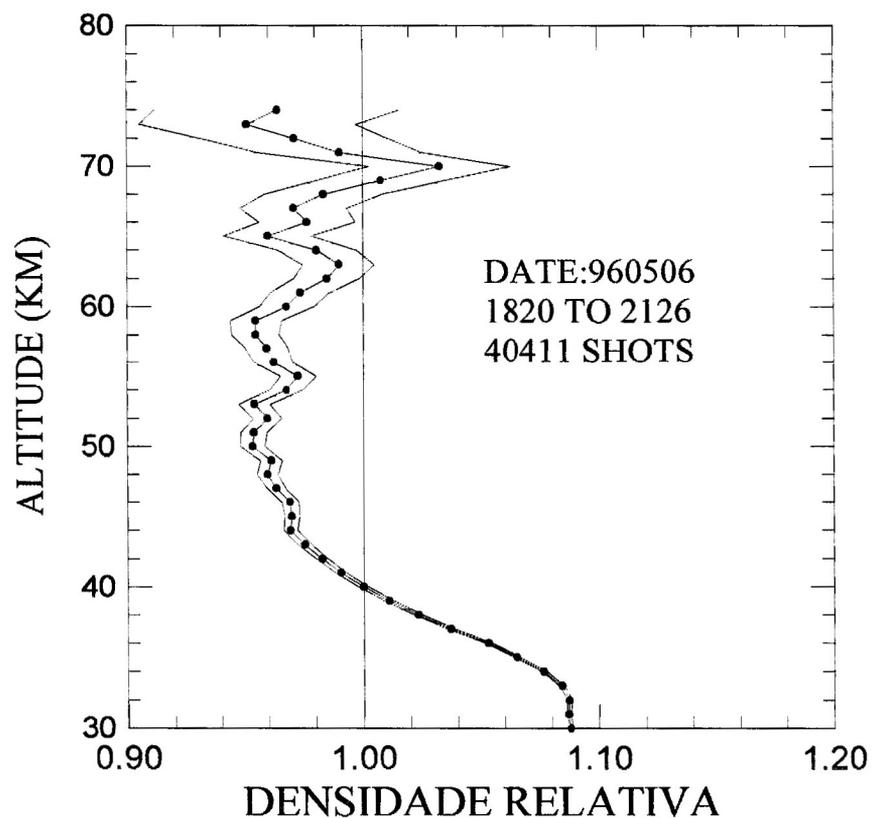
Eliminando a pressão nas equações 4 e 5,a temperatura é obtida como:

$$T(h_i) = \frac{T(h_l)\rho(h_l)}{\rho(h_i)} + \frac{M}{R} \int_{h_i}^{h_l} \frac{\rho(r)}{\rho(h_i)} g(r) dr.$$

Note que a temperatura em qualquer nível i depende apenas da razão entre as densidades em dois níveis diferentes e da temperatura no nível superior l . Já que a temperatura no nível superior geralmente é desconhecida ,a exatidão da medição depende desse $T(h_l)$.Mas já que essa temperatura é multiplicada pelo razão entre a densidade no nível de referência pela densidade no nível calculado,a contribuição do primeiro termo da equação 6 decresce muito rápido com a escala de altura ,e logo a contribuição do primeiro termo para a temperatura nos níveis mais baixos é muito pequena.

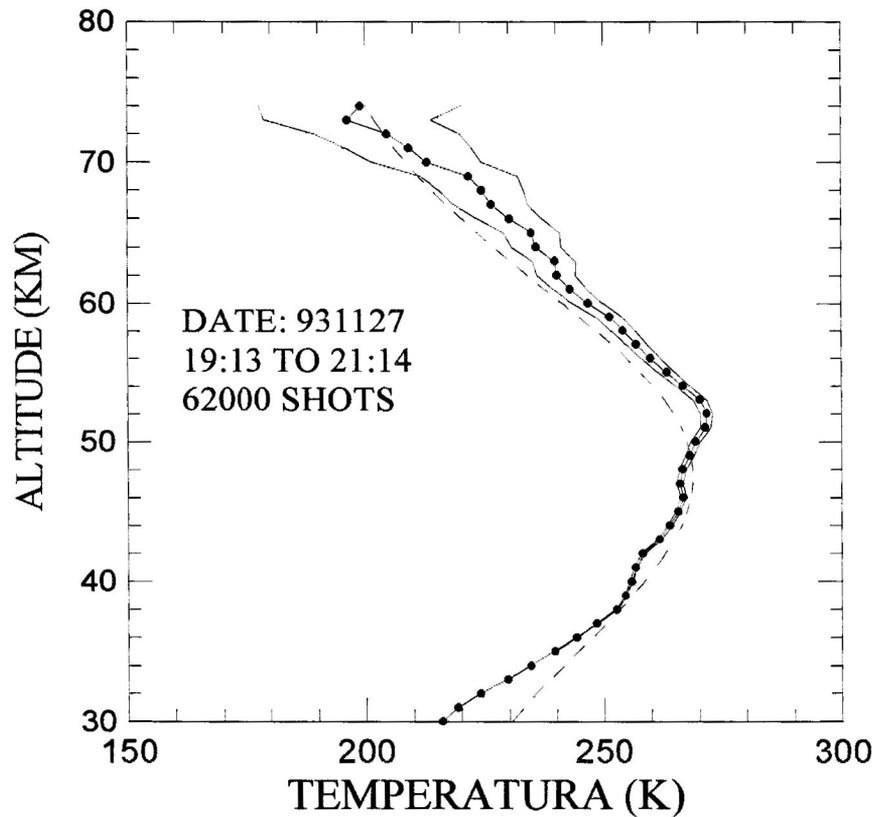
Em outras palavras , não importa se nós não temos a densidade absoluta para conseguir medir a temperatura absoluta.Pois tendo a densidade relativa (que é justamente a densidade medida ajustada com a densidade do modelo),o calculo da integração do segundo termo da equação da temperatura absoluta dependerá apenas da razão altura em dois pontos .

Perfil de densidade relativa



Acima mostra-se um gráfico de um exemplo de densidade relativa normalizada em 40 quilômetros. A altura é dada em quilômetro e a densidade é em porcentagem. Os pontos cheios representam a densidade calculada pela equação lidar ajustada pela densidade fornecida pelo modelo. As linhas direita e esquerda representam o desvio padrão da densidade em função da altura.

Perfil de Temperatura Absoluta



Perfil de temperatura absoluta: A curva tracejada é a curva do modelo, sendo que as demais curvas (direita, esquerda e central) possuem os mesmos parâmetros que as do gráfico anterior porém neste caso estão relacionadas com a temperatura ao invés da densidade relativa. A altura é dada em quilômetro e a temperatura é dada em Kelvin.

Resultados

Depois dos fótons passarem pelo TFM (tubo fotomultiplicador) e transformados em elétrons, estes passam por uma rede de amplificadores, que por sua vez depois de passados por um contador são gravados num aparelho que possui uma memória RAM, que chama-se **state-machine**, este por sua vez transfere as informações nele gravadas para um computador 486, onde são em seguida gravadas em disquetes HD.

Obtemos assim os primeiros dados brutos, que serão processadas para fornecer a pressão e a temperatura.

Os resultados dos programas que processam os dados brutos possuem as informações relacionadas às funções de pressão e temperatura mencionadas no item anterior.

Quanto à função de temperatura, essa foi com o decorrer do tempo substituída totalmente pela da pressão, o motivo é explicado porque o objetivo da pesquisa é obter dados da temperatura, sendo assim fixando-se o valor da pressão pelo modelo maiores detalhes podem ser tirados para a variação de temperatura .

Os resultados dos programas que usam a pressão e a temperatura são gravados no banco de dados do computador sendo chamados de p.ray, para o programa de pressão e de t.ray para o de temperatura.

Tanto no programa p. ray (pressão) e t.ray(temperatura) os dados brutos serão processados em função do ruído permitido por perfil(máximo ou mínimo) e pela razão sinal/ruído, ou seja, a razão do sinal do laser por escala de altura em função de altura Quanto à esse ultimo parâmetro, este possui o seu módulo inversamente proporcional à altura. No caso do perfil nós só iremos alterar quando percebemos que podemos obter dados de medidas de temperatura indo mais alto, aproveitando assim, um maior número de disparos do laser.

Depois de processados, os dados ficam no diretório chamado de diretório Rayleigh, com a extensão .dat , que implica o dia em que o dado foi tomado.

Logo depois de processados todos os dias, nós copiamos todos os arquivos tomados em disquetes novos e guardados para que não sejam perdidos, caso ocorra qualquer incidente com o computador.

A tabela 1 mostra um exemplo dos valores dos resultados brutos que são tirados para os dias, e a tabela 2 mostra os resultados finais de todas as informações para cada dia ao longo de 1993 à 1995.

Tabela 1:Exemplo de dados brutos (29/08/95)

Arq: D:\2950102.dat	Col: 0	45,366 Bytes	0
973412 183618 171319	19 9500 0,0 999,0 999,0 999,0 97,325 0,11860	27,7	0,0076 0,250 3,73440e-017 1,000 1,000 28,225 29,975 40,314 45,975 514 511
1220 230 301 759 2008 3367 4830 6241 9251 9722 9699 9408 9496 9697 9777 9901 99	2 5146 9774 9797 9122 9748 9638 9549 9724 10150 10593 11241 11530 11959 12129 1	010 12255 12295 12277 12131 13295 12070 11965 11861 11013 11798 11650 11603 114	3 11401 11407 11180 11125 10984 10970 10768 10506 10394 10272 10000 9735 9731 1
32 7622 9618 9643 9682 9617 9727 9706 9587 9501 9631 9478 9460 9475 9453 9744 0	02 7693 9178 9402 9492 9483 9662 9724 9737 9935 9857 9759 9921 9955 9909 9377 9	50 9915 9994 9857 9647 9686 9589 9337 9312 9126 8879 8732 8441 8347 8020 7802 7	39 7304 6971 6620 6503 6237 5932 5794 5488 5239 4965 4012 4634 4365 4169 4037 7
99 3349 3466 3229 3066 2879 2786 2645 2607 2418 2207 2131 2112 2050 1846 1733 1	32 1667 1987 1495 1375 1357 1266 1332 1128 1094 1011 1039 949 909 918 799 776 7	3 767 889 802 647 634 537 498 517 443 522 428 404 390 364 379 356 338 304 275 2	7 298 369 361 344 356 197 216 236 210 195 199 184 163 175 153 162 159 140 189 1
6 115 107 113 107 95 101 110 100 79 93 73 82 98 73 77 56 57 68 48 77 51 42 51 3	31 45 41 41 46 19 32 35 27 29 25 29 43 25 25 31 21 12 24 24 17 20 23 26 30 26	3 11 10 11 18 10 28 15 7 9 5 7 10 14 10 12 10 1 13 14 8 6 10 7 10 6 4 1 5 6 1	12 0 5 8 1 5 3 3 5 4 7 3 11 2 4 2 3 4 2 5 1 5 7 2 2 3 0 4 2 1 3 3 1 5 9 13 14 1
15 24 24 20 29 59 77 94 149 138 145 154 171 170 146 191 150 163 150 174 174 14	150 159 189 164 201 198 243 244 243 264 234 227 218 244 281 217 209 207 209 2	407 320 370 400 691 627 667 640 672 605 602 540 546 578 581 514 472 452 445 36	137 245 266 320 350 330 371 453 380 373 282 314 303 248 197 175 171 157 140 21
4 2 3 4 5 6 7Search 8 9 10Cur			

Arq: D:\2950129.dat	Col: 0	45,366 Bytes	1
607 343 356 320 360 335 371 453 380 373 282 214 303 248 197 175 171 157 140 1	103 50 97 68 69 33 40 31 33 27 31 27 24 27 32 22 37 23 36 38 29 35 17 33 28 14	28 10 9 12 12 1 10 7, 5 8 6 1 4 4 1 3 5 2 1 0 3 2 1 0 2 3 0 1 0 1 0 2 5 0 0 0	0 0 2 0 1 1 0 0 0 1 2 3 2 1 0 0 0 0 1 2 1 1 1 1 1 0 0 0 1 1 2 0 2 0 3 2 0 0 0
2 0 2 0 0 0 1 0 1 0 1 2 4 2 11 22 25 56 130 270 405 532 642 485 486 477 345 50	312 716 770 1171 1389 1977 2866 3395 4617 5710 7082 8060 9394 9435 10120 9405	127 7112 7667 8876 8884 8212 8168 7597 7478 6622 6727 6174 6905 5856 5407 6942	593 4730 4348 3989 3917 3713 3593 3503 3310 3282 2993 2826 2673 2383 2270 2000
419 1717 1876 1607 1444 1323 1299 1152 1061 971 968 838 715 800 709 646 612 60	418 402 457 420 414 348 354 272 250 260 329 233 214 190 187 168 154 138 138 17	156 135 109 117 104 89 91 81 73 71 40 79 68 42 66 60 46 21 5 214 43 13011 2902	00 13010

Depois de todos os dados serem gravados no computador e escrito todas as suas referências na planilha, nós partimos para o gráfico dos dados ajustando as curvas utilizando como base um modelo antigo de gráfico qualquer, armazenado na memória do computador (no nosso caso no diretório Rayleigh).

Em seguida para controle de estudo, imprimimos todos os gráficos que são arquivados em uma pasta.

DIAS COM DADOS DO RAYLEIGH-LIDAR

NO. OR	DATA	NA/RAY	NO. DISP.	INIC.	FIM	RUIDO	S-75 KM	ORSERVACOES
1	14/04/93	RAY	10020	1933	2359	10	33	TESTES
2	26/04/93	RAY	20300	1914	2109	23	72	TESTE- B. ENER. + LINHA NA
3	27/04/93	NA	4000	1826	1850	2	3	TESTE- NA LINHA DO SODIO
4	29/04/93	RAY	13500	1814	2015	35	43	TESTES
5	30/04/93	RAY+NA	5000	1812	1847	5	8	TESTES
6	07/05/93	NA	10000	1822	1908	13	21	TESTES - VARIOS
7	11/05/93	NA	7000	1813	1836	37	40	TESTES - NOVA PMT BS- cancelado
8	18/05/93	RAY	46520	1811	101	37	95	PRIM TENT. RAYLEIGH
9	19/05/93	RAY	12000	1925	1945	11	10	PRIMEIRO BOM
10	14/06/93	RAY	60000	1818	2829	50	151	BOM
11	15/06/93	RAY	8000	1815	1931	8	15	APENAS 10000 DISP
12	21/06/93	RAY	14596	1825	2056	10	15	SINAL MUITO FRACO
13	22/06/93	RAY+NA	21250	1851	1844	47	86	RAZOAVEL A SOMA - 75 KM
14	23/06/93	RAY	61706	1823	2849	71	215	BONS - NOITE TODA
15	30/06/93	RAY	26000	1825	2234	74	115	1A. PARTE1comparar com anterior
16	02/07/93	RAY	23000	2459	2859	36	64	2A. PARTE DA NOITE
17	5/07/93	NA+RAY	80000	1832	2152	65	127	3 PERFIS C/ NA3 PERF. C/ NA
18	20/07/93	RAY	95196	1825	2220	94	219	1A. PARTE - DADOS PADRAO
19	22/07/93	RAY	96977	1823	2224	108	241	
20	02/08/93	RAY	94346	1827	2222	120	209	
21	20/08/93	RAY	87600	1828	2205	97	200	
22	26/08/93	RAY	97200	1848	2233	227	373	
23	30/08/93	RAY	102000	1828	2241	25	538	cancelado
24	06/09/93	RAY	56800	1834	2055	53	126	
25	13/09/93	RAY	68000	1921	2225	76	196	
26	07/10/93	RAY+NA	26600	1923	2120	25	56	PADRAO RAY+NA
27	08/10/93		88000	1841	2133	84	204	
28	20/10/93		29000	1920	2053	47	71	RAYLEIGH ESTRANHO
29	29/10/93		74000	1924	2234	119	177	PADRAO RAY+NA
30	11/11/93		20000	1903	1924	107	142	
31	12/11/93		39000	2021	2252	36	81	
32	27/11/93		62000	1921	2113	82	165	
33	30/11/93		34537	1914	2022	44	69	
34	13/12/93		30000	2211	2312	25	54	

Tabela 2

35	16/05/94	27800	1821	2039	24	64	
36	19/05/94	38000	1818	2001	46	66	
37	25/05/94	46000	1812	2001	86	175	
38	31/05/94	52522	1803	2030	78	157	
39	06/07/94	61447	1827	2056	66	186	PADRA+RAY NEW LAMP
40	14/07/94	22092	1829	2000	22	23	
41	19/07/94	54000	1823	2023	43	81	
42	22/07/94	46000	1832	2021	89	165	
43	02/08/94	50885	1951	2142	66	151	
44	08/08/94	46300	1838	2121	92	226	
45	15/08/94	44000	1901	2147	96	184	
46	18/08/94	49681	1831	2131	133	229	
47	26/08/94	52803	1833	2050	66	100	
48	30/08/94	57364	1831	2215	123	201	
49	06/09/94	48000	1859	2146	56	136	
50	20/09/94	84000	1833	24	166	330	
51	03/11/94	110000	1907	27	89	201	
52	10/11/94	65433	1901	2156	37	70	
53	11/11/94	40000	1857	2129	10	21	
54	03/12/94	20000	1956	2040	17	15	
55	13/12/94	12000	2129	2220	22	45	
56	15/12/94	7000	2010	2025	13	29	
57	19/12/94	52984	1933	2147	47	116	
58	29/12/94	30403	2024	2147	47	127	

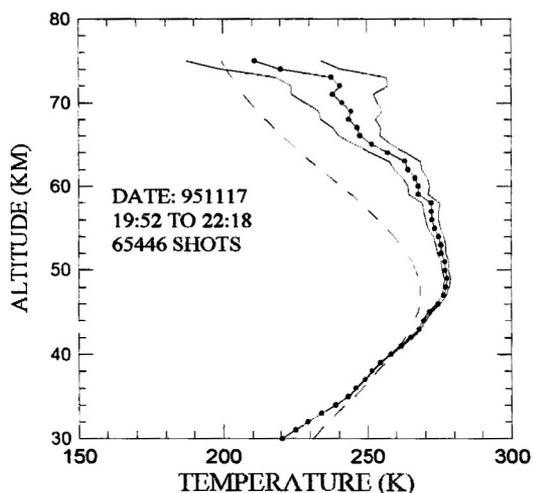
59	23/02/95	50000	1957	2133	52	112	
60	02/03/95	45091	1909	2103	70	172	
61	16/03/95	47829	1912	2048	71	136	
62	05/04/95	36119	1922	2056	41	64	
63	12/04/95	47100	1934	2116	60	116	
64	17/04/95	20000	2042	2130	53	86	
65	24/04/95	40000	1843	2001	35	69	
66	04/05/95	48000	2036	2242	114	197	
67	17/05/95	21000	1950	2030	24	41	TEMPERATURA
68	19/05/95	36000	1931	2102	49	87	RAY+NA

69	31/05/95	73000	1814	2055	68	133
70	05/06/95	67000	1804	2141	49	137
71	06/06/95	61000	1813	2139	46	97
72	07/06/95	48000	1812	2035	54	97
73	12/06/95	53000	1809	2007	86	131
74	13/06/95	34500	1815	1938	36	64
75	14/06/95	41569	1811	1935	50	75
76	15/06/95	47000	1813	2042	40	72
77	16/06/95	41000	1922	2042	33	73
78	21/06/95	19000	1830	1938	16	35
79	22/06/95	19277	1857	2027	18	41
80	23/06/95	68500	1803	2122	61	135
81	26/06/95	35625	1811	1924	31	46
82	27/06/95	48500	1807	2008	40	104
83	28/06/95	52500	1810	2046	42	104
84	30/06/95	52600	1814	2040	41	128
85	01/07/95	54600	1810	2006	69	114
86	02/07/95	57500	1811	2009	51	132
87	03/07/95	43000	1814	2023	37	80
88	04/07/95	37000	1815	2028	34	73
89	05/07/95	50000	1818	2048	45	113
90	06/07/95	44500	1848	2109	43	113
91	12/07/95	46220	1812	2010	55	89
92	24/07/95	49000	1825	2127	42	114
93	25/07/95	14500	1822	1955	17	75
94	28/07/95	79000	1823	2142	70	220
95	31/07/95	19500	1822	2014	20	62
96	01/08/95	71500	1818	2228	147	268
97	07/08/95	31000	1831	1947	56	98
98	14/08/95	62450	1823	2107	124	237
99	17/08/95	25266	1833	1921	24	29
100	21/08/95	47604	1909	2141	52	96
101	22/08/95	7500	1903	1937	10	30
102	23/08/95	43500	1914	2206	45	109
103	25/08/95	43500	1915	2157	47	112
104	28/08/95	39500	1902	2132	51	130

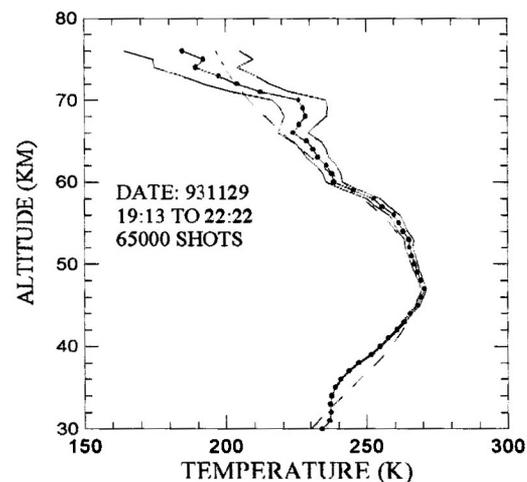
105	29/08/95	9500	1837	1914	17	46
106	30/08/95	44100	1839	2111	53	76
107	03/10/95	55000	1835	2047	41	82
108	11/10/95	69000	1845	2124	26	65
109	24/10/95	62974	1857	2150	63	151
110	06/11/95	44391	1959	2145	66	92
111	17/11/95	65446	1952	2218	151	247
112	29/11/95	65000	1913	2222		
		4840312				

DADOS TIRADOS COM NOVA ADM - USAR
PROGRAMA ESPECIAL(3 E 11/10/95)

NOVA ADM PERFIL EQUIVALENTE



T.ray

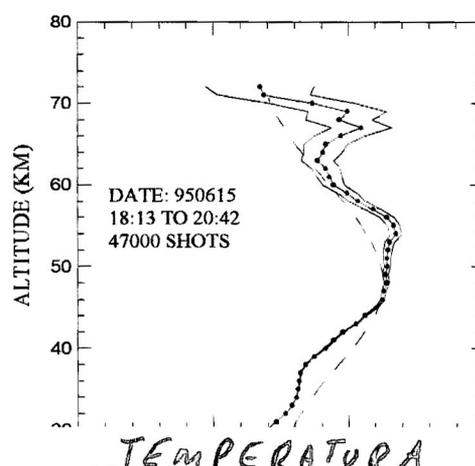
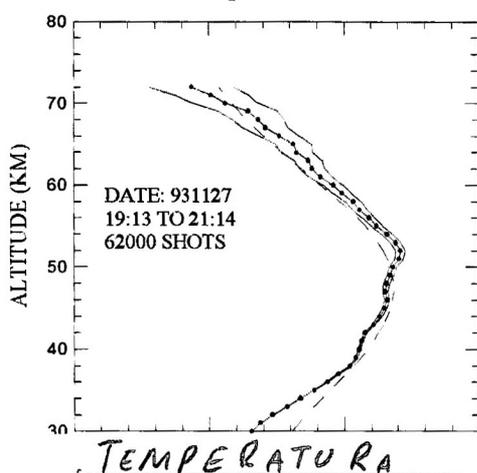


P.ray

Discussão dos resultados

Como pôde ser observado pelos gráficos anteriores o gráfico do p.ray mantém um maior ajustamento às curvas do modelo do que a do t.ray (as curvas do modelo são as curvas tracejadas), também podemos verificar que para o p.ray podemos obter uma maior resolução de pontos que o t.ray próximo à altura de 75km. Uma outra característica que ocorre entre os dois gráficos é que o gráfico do p.ray é mais "achatado" que a do t.ray, isso acontece porque no p.ray o programa força a ser como a do modelo fixando a temperatura no topo, ou seja, entre 70 e 80km.

Contudo a comparação do p.ray com o do t.ray tiveram como finalidade comparar quais dos dois métodos seriam melhor aplicados para análise dos dados e individualmente não tiveram nenhuma referência científica em si. Abaixo temos duas medidas de temperaturas ambas processadas em p.ray que nos levam a uma observação científica curiosa



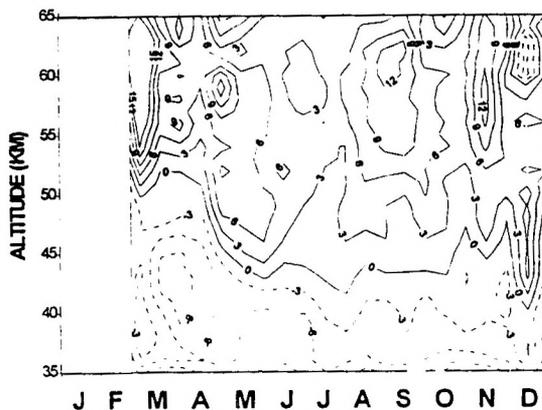
Como pode ser observado, o gráfico da esquerda está bem mais ajustado às curvas do modelo do que o da direita. Isso acontece devido o fato de haver no segundo caso inversão de temperatura no intervalo de altura entre 60 e 70km. Tal inversão de temperatura nesta faixa de altura não ocorre para todos os dias do ano, como pode ser verificado com os resultados que tivemos para os dois dias acima .

Ainda não se sabe fisicamente o motivo de tais inversões de temperaturas, nem sabemos ainda se está ligada à períodos sazonais (estações do ano) .A unica hipótese que se tem para tais inversões é que ela está relacionada com quebra de ondas de gravidade.

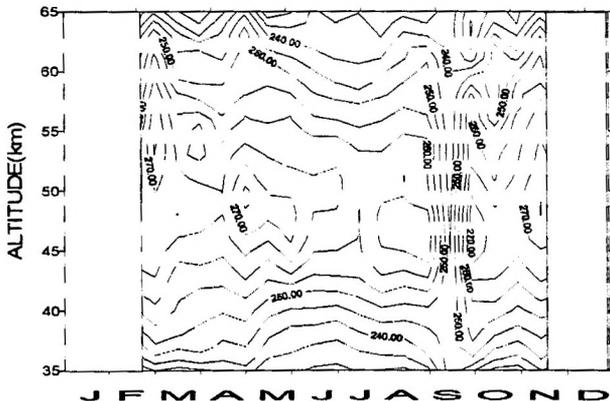
Tambem fizemos o gráfico das médias das temperaturas ao longo dos meses para o ano de 95 e para os anos de 93 à 95 e pudemos concluir que analisando o gráfico das médias ao longo dos três anos tivemos uma variação de temperatura mais suave comparada com o modelo, o que não acontece em exclusivo para o ano de 95.

Abaixo estão os gráficos para as médias de temperatura do modelo ,para o ao de 95 e para os anos de 93 à 95.

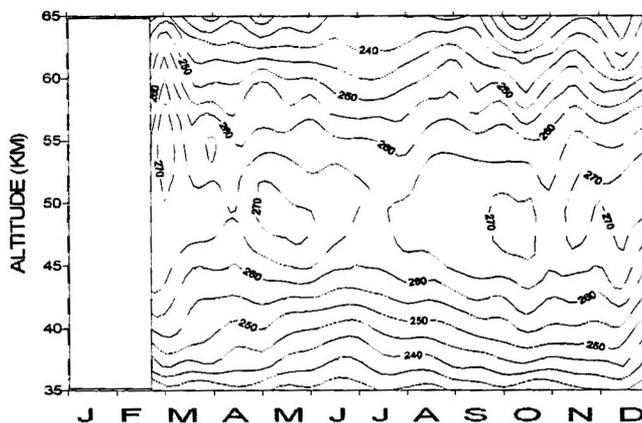
TEMPERATURE - MODEL



TEMPERATURE-95



TEMPERATURE - 1993/1995



Conclusão

Ao longo de 1 ano de iniciação científica além do contacto com esta área de pesquisa ajudei a processar os dados do radar de laser. Um total de 112 medidas feitas no período de 93 à 95 foram analisadas.

Os gráficos feitos em t.ray e p.ray (esse ultimo método sendo o escolhido para as nossas pesquisas) nos ajudaram a ter informações sobre a atmosfera na altura entre 35 e 70km.

Nós escolhemos calcular a média das temperaturas para o ano de 95 porquê queríamos ter uma informação mais recente do comportamento da atmosfera entre 35 e 70km, e depois compara-la com a média feita ao longo dos três anos, na qual notamos uma diferença significativa quanto a variação de temperatura, sendo essa diferença um tanto importante para o estudo da climatologia nesta região da atmosfera.

Como pode ser verificado pelos dois ultimos gráficos mostrados nesse relatório, o gráfico de 95 possui uma variação de temperatura mais intensa ao longo dos meses do ano do que o gráfico de 93 à 95 isso pode ser explicado melhor observando -se as curvas do gráfico de 95 que são mais oscilantes durante o ano do que o gráfico das médias para os três anos.

Um outro detalhe que deve ser lembrado é que os espaços em branco que se estendem de janeiro à fevereiro e de meados de novembro à final de dezembro para o ano de 95, são os períodos do ano em que não foram tomados dados devido a ocorrência de muitas chuvas bem como muita nebulosidade que são fatores que tornam impossíveis as medições do radar de laser.

Uma necessidade de se conhecer o comportamento da atmosfera nessa faixa de altura é de se ter uma idéia de como está sendo a sua perturbação devido a emissões de poluentes gerados pelos meios humanos .Isso se explica melhor entendendo que os efeitos desses poluentes (gás carbônico por exemplo) não causam danos significativos na troposfera (camada mais baixa da atmosfera onde se aplica o estudo da meteorologia), mas tais efeitos são ampliados em camadas mais elevadas da atmosfera , e sabendo-se melhor dos seus efeitos podemos alertar com mais detalhes as causas das emissões desses poluentes.

Contudo a nossa pesquisa possui uma aplicação mais a longo prazo do que de curto prazo ou médio prazo, e a sua meta é de origem principalmente acadêmica.

Referências

P.P.Batista,B.R.Clemesha &D.M.Simonich-1995

Observações da densidade e temperatura atmosférica entre 35 e 70km

Revista brasileira de geofísica:pg 16-22.

Kirchoff, V.W.J.H-1984

Elementos básicos sobre o radar de laser (Publicação interna INPE

nº3123/025)

Chanin, M.L. e A. Hauchecorne-1984

Estudos de lidar de temperatura e densidade atmosférica usando espalhamento Rayleigh. MAP Handbook,13, 87-99

1993 (Batista et al, 1995). Um resultado importante obtido foi a presença de camadas de inversão na mesosfera. A climatologia para o período foi obtida fazendo-se os contornos de temperatura em função de tempo e altura para os três anos consecutivos, e esta mostrou consistentemente uma menor temperatura da estratosfera e uma maior temperatura da mesosfera, comparada com o modelo.

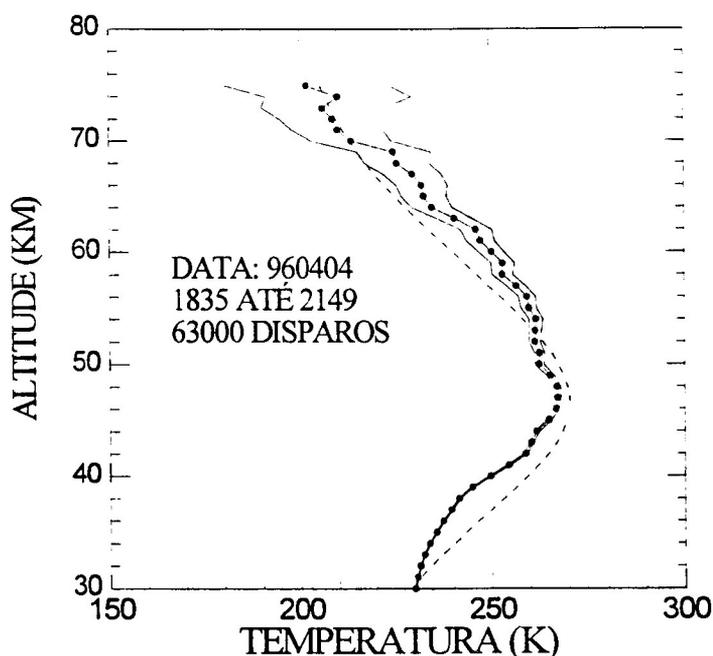


Figura 2- Perfil típico de temperatura (círculo) para o dia 04/04/96, comparado com o modelo MSISE-90 (linhas tracejadas). As linhas finas indicam o erro estatístico do perfil. São mostrados também a hora em que os dados foram tomados (primeiro e último perfil) e o número de disparos. A altura é dada em quilômetro e a temperatura em kelvin.

Referências

P. P. Batista, B. R. Clemesha & D. M. Simonich - 1995 Observações da densidade e temperatura atmosférica entre 35 e 70km, Revista brasileira de geofísica V.13(1):pg 16-22.